

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-235171

(43)Date of publication of application : 09.09.1997

(51)Int.Cl. C30B 13/16  
C30B 13/28  
H01K 1/18

(21)Application number : 08-243736

(71)Applicant : CRYSTAL SYST:KK

(22)Date of filing : 13.09.1996

(72)Inventor : SHINDO ISAMU

(30)Priority

Priority number : 07238813  
07340491

Priority date : 18.09.1995  
27.12.1995

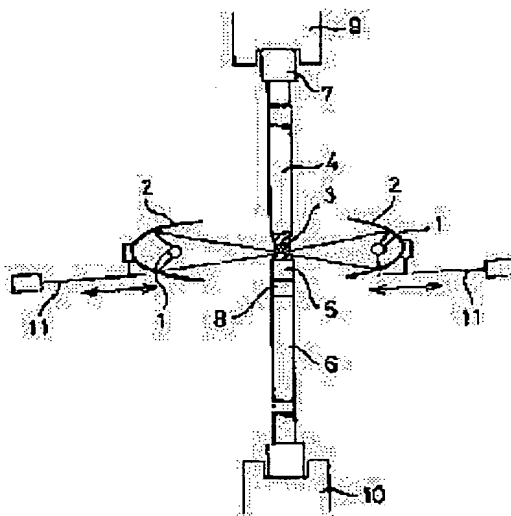
Priority country : JP  
JP

## (54) FLOATATION ZONE MELTING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus that enables easy formation of a stable melting zone by particularizing eccentricity of four spheroidal mirrors whose inside face is formed as reflection mirror face and which are located in counter positions on orthogonal axes.

SOLUTION: This floatation zone melting apparatus comprises four spheroidal mirrors 2, 2, whose inside face is formed as a reflection face and which are located in counter positions on orthogonal axes so that the eccentricity of the formula  $(a^2+b^2)/1/2/a$  [(a) is length of the major axis; (b) is length of the minor axis] can be 0.4-0.65. Operation of this apparatus comprises steps of: setting a source rod 4 at a source support part 7, setting a seed crystal 8 at a growing crystal support part 6, lighting a IR lamp 1, condensing IR rays reflecting from the reflection mirror faces on the focal point of the mirrors 2 to the tips of the source rod 4 and seed crystal 8, raising the voltage impressed to the lamp 1 to melt the tips of the source rod 4 and seed crystal 8, uniting the molten tip parts 3, revolving the source rod 4 and seed crystal 8 by means of a source rod support driving part 9 and a growing crystal support driving part 10, then moving gradually the source rod 4 and the seed crystal 8 at a predetermined speed, thus continuing melting of the source material and growth of the crystal.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is suspension zone melting equipment of an infrared intensive heating type heated by making the infrared radiation which formed the infrared lamp in the focus and while four ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors which carried out opposite arrangement on the orthogonal axis by making an inside into a reflector counter reflected from the reflector on the focus of another side condense, and is a degree type [several 1].  
 $(a^2 + b^2)^{1/2} / a$

(ここで、a は長軸の長さを、b は短軸の長さを示す)

Suspension zone melting equipment characterized by the conic coefficients of the ellipsoid-of-revolution reflecting mirror come out of and defined being 0.4-0.65.

[Claim 2] Suspension zone melting equipment of claim 1 with which the configuration of a filament uses a tubular halogen lamp as an infrared lamp.

[Claim 3] Suspension zone melting equipment of claims 1 or 2 with which the fan air-cooling device for cooling of an infrared lamp and a reflecting mirror is arranged separately respectively.

[Claim 4] Claim 1 equipped with a lamp, the socket support location to a lamp holder being used as adjustable, with the location of a lamp holder fixed thru/or one suspension zone melting equipment of 3.

[Claim 5] Claim 1 equipped with the supporting structure of the semipermanent method which keeps spacing in a supporter shaft, prepares two or more slots for anchoring support, fits support over this slot for support, and is fixed to it thru/or one suspension zone melting equipment of 4.

[Claim 6] Claim 1 equipped with the three-dimensional structure which has arranged two or more vertical grids as a screen in order to set up the location of a lamp filament thru/or one suspension zone melting equipment of 5.

[Claim 7] The suspension zone-melting equipment of claim 1 which adjusts distribution of the light which prepares 2 sets of electric-shielding cylinders which intercept the light which emitted light from the lamp along with the periphery of the transparence quartz tube arranged in the wrap form in the core in the heated rod-like sample, and was reflected in the reflecting mirror up and down, is made to move the location of this electric-shielding cylinder up and down, passes through the crevice between up-and-down electric-shielding cylinders, and reaches a heated sample.

[Claim 8] An electric shielding cylinder is suspension zone melting equipment of claim 7 which is held with the support fixture from the outside of a reflecting mirror, and has the device which can be set to the optimal location for the location.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to suspension zone melting equipment. This invention relates to suspension zone melting equipment useful to training of a single crystal, research of a phase equilibrium, etc. in more detail.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, two pieces are used, the thing of the infrared intensive heating type which can acquire an elevated temperature in a focal location a piece thru/or by making a focal location condense the light of a halogen lamp or a xenon lamp with these reflecting mirrors is known in the ellipsoid-of-revolution reflecting mirror, as suspension zone melting equipment, and it is broadly used for training of a single crystal, research of a phase equilibrium, etc.

[0003] The suspension zone melting equipment of the method of these former has an advantage -- high temperature is easily obtained with that melting of a sample can be performed without using a crucible, that a controlled atmosphere can be chosen as arbitration, that single crystal growth of various presentations can be performed using a floating zone melting method, that phase equilibrium research by the suspension band cooling-slowly method can be done, and further comparatively little power. although the method of usefulness which has arranged especially two ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors among the equipment of these former is the highest, the melting condition of a sample is not necessarily ideal and training of a good-quality single crystal is difficult for it in a sample system with difficult stable maintenance of a fusion zone -- etc. -- there was a trouble.

[0004] This invention is made in view of the situation as the above, cancels the fault of the conventional technique, and aims at offering the new suspension zone melting equipment which makes training of a good-quality single crystal easy.

[0005]

[Means for Solving the Problem] As what solves the above-mentioned technical problem, by making an inside into a reflector, as for four ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors which carried out opposite arrangement, while counters on an orthogonal axis, and this invention forms an infrared lamp in a focus. It is suspension zone melting equipment of an infrared intensive heating type heated by making the infrared radiation reflected from the reflector on the focus of another side condense, and the suspension zone melting equipment (claim 1) characterized by the conic coefficients of an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror being 0.4-0.65 is offered. [0006] Furthermore, in this invention, in case a halogen lamp is used as an infrared lamp The location of that a filament configuration uses a tabular halogen lamp (claim 2) or that the fan air-cooling device for cooling of an infrared lamp and a reflecting mirror is arranged separately respectively (claim 3), and a lamp holder has been fixed. It is equipped with a lamp, the socket support location to a lamp holder being used as adjustable (claim 4), having the supporting structure of the semipermanent method which keeps spacing in a supporter shaft, prepares two or more slots for installation support, fits support over this slot for support, and is fixed to it (claim 5) -- further As a screen for setting up the location of a lamp filament, it has the three-dimensional structure which has arranged two or more vertical grids (claim 6), The periphery of the transparence quartz tube set to the core in the wrap form is met in a heated rod-like sample. The electric shielding cylinder which intercepts the light which emitted light from the lamp and was reflected in the reflecting mirror is prepared 2 sets up and down. Distribution of the light which is made to move the location of this electric shielding cylinder up and down, passes through the crevice between up-and-down electric shielding cylinders, and reaches a heated sample is adjusted (claim 7), It requires also as the mode the electric shielding cylinder being held with the support fixture from the outside of a reflecting mirror, and having the device which can be set to the optimal location for the location (claim 8) etc.

[0007]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is explained in detail. Since that it is clear as configuration \*\*\*\* of <1> ellipsoid-of-revolution reflecting mirror and a background of this invention is the approach of making the melt in which the floating zone melting method was formed holding in the sample itself generally, the amount of melt whose maintenance is stably attained by the correlation of the surface tension of melt and specific gravity is restricted.

[0008] So, in order to stabilize a fusion zone and to raise the single crystal of big aperture, it is understood that a vertical steep temperature gradient is searched for. It is because the amount of the melt near a front

face will exceed a limit and maintenance of melt will become very difficult, although a core does not melt if it is going to raise a single crystal with big aperture under a loose temperature gradient.

[0009] When collecting the light of a lamp with an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror and the configuration of a filament is generally fixed, the configuration of the elevated-temperature field formed in a focal location is a degree type and [0010].

[Equation 2]

$$(a^2 + b^2)^{1/2} / a$$

(ここで、a は長軸の長さを、b は短軸の長さを示す)

[0011] It changes with the conic coefficients of the ellipsoid-of-revolution reflecting mirror come out of and defined a lot. Since elevated-temperature area size also becomes large, a temperature gradient becomes loose, the highest attainment temperature is hung by it and it becomes low so that a conic coefficient is large, in order to realize a steep temperature gradient, the one where a conic coefficient is smaller is advantageous. However, an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror is made to counter, and in the suspension zone melting equipment which used especially four of these, if a conic coefficient is made small, in order that each reflecting mirror may collide mutually, the part which a reflecting mirror overlaps must be cut. Since only the part from which the reflecting mirror was cut cannot reflect light from a lamp by this, it is not a best policy to make a conic coefficient small recklessly from the use effectiveness of light falling and the highest attainment temperature falling.

[0012] then, the artificers of this invention boiled and changed various conic coefficients of an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror, and examined the conditions which can actually perform single crystal growth stably. Consequently, the conic coefficient of an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror found out acquiring suitable steep temperature conditions to single crystal growth with it within the limits of 0.4-0.65. [ it is efficient and actual ]

The configuration of configuration one side of <2> lamp filament and the filament of a lamp also has big effect on condensing effectiveness and a condensing condition. Moreover, the optimal filament configuration changes also with number of the ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors to be used.

[0013] Then, the artificers of this invention found out that a tabular filament was the optimal, as a result of examining the filament configuration of having been suitable for training of the good-quality single crystal at the time of using four ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors which carried out opposite arrangement on an orthogonal axis. When the halogen lamp which has arranged the plate surface horizontally was used using the filament which is tabular and has a configuration near a square, it checked that the fusion zone stabilized most could form easily.

[0014] Based on the knowledge as above, by using the rotation ellipse reflecting mirror whose conic coefficients are 0.4-0.65 in the suspension zone melting equipment of the infrared intensive heating method of the method which uses four ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors which carried out opposite arrangement, sharp temperature-distribution conditions are realized and training of a good single crystal is enabled in this invention.

It is necessary to cool both lamp and reflecting mirror suitably with the cooling approach of <3> lamps, and suspension zone melting equipment. So, in this invention, the air-cooling method using a simple and cheap fan is adopted. However, effective cooling is difficult even if it only installs a fan. Although a fan rotates several wings and the reason is making the flow of air, it is because the flow of air does not occur in the center-of-rotation section. That is, when the fan of the magnitude of a reflecting mirror is used, the lamp currently installed in the core is not fully cooled. Moreover, when sufficient small fan to cool a lamp conversely is used, cooling of a reflecting mirror has the problem of not being enough. Therefore, in this invention, the air cooling fan equipment which balanced the infrared lamp and the reflecting mirror at each magnitude is installed according to an individual. Thereby, both sufficient cooling is attained.

Since a halogen lamp needs to manufacture a special lamp so that equipment may be suited, the price is an expensive thing of 40,000 - 60,000 yen per one from the maintenance approach former of <4> lamps. In the equipment configuration of this invention, in order to use such four expensive halogen lamps at once, a cost-problem will arise. since [ moreover, ] a lamp with a small output differs in the magnitude of a quartz bulb from a big lamp when exchanging and using the lamp of various outputs -- an infrared lamp -- a lamp -- in case it attaches in a lamp holder with a socket through a mouthpiece, whenever it exchanges a lamp, the location of a lamp holder must be adjusted.

[0015] So, in the former, it is considering as the structure which can use the same lamp holder as it is by fixing the magnitude of a quartz bulb, especially the location of an electrode holder and a filament by exchanging on the lamp with which outputs differ even when the magnitude of a filament changes. However, when the quartz bulb of a small configuration is used for an infrared lamp with the big output which has a big filament by such conventional approach, the surface area of the quartz bulb (18) in contact with the open air becomes small, and since a lot of heat generated from a big filament does not fully radiate heat, the life of an infrared lamp (1) will be contracted extremely. On the contrary, when the quartz bulb of a big configuration was used for an infrared lamp with the small output which has a small filament (1), since the surface area of the quartz bulb which a quartz bulb (18) is too large and contacts the open air became large beyond the need

to the magnitude of a filament, there was a trouble of cooling too much.

[0016] Furthermore, since it is using the tungsten wire as the filament in using a halogen lamp as an infrared lamp, this tungsten will volatilize at an elevated temperature, and it will adhere to a bulb, a bulb wall will become black gradually, it will further become easy to go up temperature, and a life will be exhausted immediately. By then, the thing made for the tungsten which encloses halogen gas in a quartz bulb and volatilizes at an elevated temperature conventionally, and a halogen to react in order to lengthen a life. Make a halogenation tungsten generate and this halogenation tungsten is disassembled into a tungsten and halogen gas on a hot filament. Depositing a tungsten on the original filament, halogen gas is aiming at extension of a life using the reaction called the so-called halogen cycle of it being emitted and returning. However, in order to make this halogen cycle continue normally, it is held beyond the suitable temperature which the generated halogenation tungsten does not solidify (generally 400 degrees C or more), and it is necessary to hold further below to the heat-resistant temperature (generally 800 degrees C or less) of a quartz bulb (18). For this reason, even if temperature is too low, a life becomes short on the contrary. That is, to a lamp with the small output which has a small filament, when a quartz bulb is too large, problems, like the generated halogenation tungsten deposits to a part with low temperature, and a life becomes short, and an output becomes unstable will arise.

[0017] Then, in this invention, it considers as the structure which can move the location of a lamp holder, and makes it possible to use the quartz bulb of the magnitude suitable for the magnitude of a filament as it is. That is, while it had been fixed, the location of a lamp holder is changing the socket support location to a lamp holder, and is made into the structure which can absorb change of the magnitude of a filament, and the magnitude of a quartz bulb. It enables this to exchange and use the lamp of various outputs, with the installation location of a cooling fan fixed.

It is made to move at receipts and payments of a sample, and every desorption of a quartz tube up and down by the training crystal support mechanical component and the raw material rod support mechanical component, and in suspension zone melting equipment, it is necessary to hold temporarily or to hold firmly a training crystal supporter and a raw material rod supporter in the support method of <5> supporter shaft, and a suitable location during crystal training again. Since the die length of the sample rod to be used has many various things, as for these supporters, it is desirable that it can hold firmly in the location of arbitration.

[0018] As a manner of support of a training crystal and a raw material rod, the following approaches have been adopted conventionally.

(a) Form the holder of a rigid mounting type supporter shaft, and fix to this. Although the immobilization of this method is perfect, since the maintenance location of a supporter shaft is immobilization, when the die length of a sample changes to arbitration, dealing with this becomes difficult and the fixture for amending a difference of die length is needed.

(b) A collet-chuck method this gentleman type has the advantage which can hold a supporter shaft in the location of arbitration by using a collet chuck as support of a supporter shaft. However, when a sample room is made into high pressure, maintenance of a supporter is imperfect only at a collet chuck, and since another maintenance fixture is needed, the use under high pressure excels [ method / this ] in the direction of an immobilization system.

[0019] Then, the semipermanent method is adopted in the suspension zone melting equipment of this invention. This method is attached for example, at intervals of several mm, prepares the slot for support, fits support over this slot for installation support, and fixes to a supporter shaft. By this method, immobilization of a supporter shaft was perfect, and although the supporter shaft was several mm spacing, since it was fixable in the location of arbitration, it became fixable in practice in an arbitration location.

In the approach optical suspension zone melting equipment of <6> focal alignment, it is important to set the filament location of a lamp to a focal location correctly. Conventionally the screen produced with \*\*\*\* glass etc. was set to the focal location, the filament image was copied to this, and the method which sets a filament location correctly has been adopted.

[0020] However, although the location in the field of a screen could be correctly taken out with this conventional approach, since depth was not found at all, it was moving a lamp forward and backward, and the location considered to be a core with it being suitable needed to be deduced, and that actuation had troubles, like it is not only troublesome, but accuracy is missing. Then, in the suspension zone melting equipment of this invention, the three-dimensional structure which prepared two or more vertical grids is adopted as an approach that the location where a filament is exact in three dimension can be deduced.

The temperature gradient of the vertical direction is greatly influenced by the light absorption property of the optical distribution accommodation approach cylindrical sample by <7> electric shielding cylinders, and formation of a stable melting object may become difficult with it depending on the case. So, in this invention, the electric shielding cylinder was prepared up and down, and the device of a sample melting object in which that location is adjusted further is established. Since distribution of the light which reaches a sample by adjusting the location of an up-and-down electric shielding cylinder can be adjusted, it becomes possible to offer the optimal temperature conditions for making the melting object of a sample hold to stability from the case of a comparatively loose temperature gradient to a steep temperature gradient. In the case of making it half cut in the die-length direction, the desorption of a sample, and the desorption of a transparency quartz tube, an electric shielding cylinder does not become obstructive but can work smoothly. Although the

ingredient of an electric shielding cylinder is usable anything if it is an ingredient which can intercept light, it is comparatively usable to an elevated temperature, and the ceramic tube of the quality of an alumina is desirable as a cheap ingredient.

[0021]

[Example] Drawing 1 of the attached drawing illustrates the suspension zone melting equipment of this invention. As shown in drawing 1, with the suspension zone melting equipment of this invention While having a halogen lamp (1) as four infrared lamps, and an ellipsoid-of-revolution reflecting mirror (2) corresponding to this a sample — a fusion zone — (— three —) — a raw material — a rod — (— four —) — training — a crystal — (— five —) — training — a crystal — a supporter — (— six —) — a raw material — a rod — a supporter — (— seven —) — a seed crystal — (— eight —) — a raw material — a rod — support — a mechanical component — (— nine —) — training — a crystal — support — a mechanical component — (— ten —) — an infrared lamp — a mechanical component — (— 11 —) — arranging — having .

[0022] If the approach of training of the single crystal using this equipment is explained, first, a raw material rod (4) will be set to a raw material rod supporter (7), and a seed crystal (8) will be set to a training crystal supporter (6). A halogen lamp (1) is turned on, respectively and melting of the point of both a raw material rod (4) and a seed crystal (8) is carried out by raising the applied voltage to a halogen lamp (1) gradually. Both are made to approach and a fusion zone is made to coalesce in the phase which both points fused. The magnitude of a fusion zone is adjusted and a stable fusion zone is made to form by giving rotation to both a raw material rod (4) and a seed crystal (8), and controlling the supply voltage to a halogen lamp (1) further at this time. Thus, taking care that abnormalities do not occur in the configuration of the formed fusion zone, by moving the location of a halogen lamp (1) by the halogen lamp mechanical component (11), or moving slowly a raw material rod (4) and a seed crystal (8) at the rate of predetermined by the raw material rod support mechanical component (9) and the training crystal support mechanical component (10), melting of a raw material and training of a crystal are continued and training of a single crystal is performed. It is a factor important for training of a good-quality single crystal whether the fusion zone formed at this time can be held to stability. Furthermore, suspension zone melting equipment like drawing 11 as a means to adjust change of the temperature distribution of the vertical direction by the light absorption property of a raw material rod (4) and a seed crystal (8) which prepared the electric shielding cylinder up and down is illustrated. In drawing 11, the up electric shielding cylinder (25) and the lower electric shielding cylinder (28) are arranged in the core of the fundamental equipment of drawing 1. The up electric shielding cylinder holder (26) and the lower electric shielding cylinder holder (29) are accompanied by the migration device, and move the periphery section of a wrap transparence quartz tube (27) for a cylindrical heated sample up and down. By adjusting the location of an up-and-down electric shielding cylinder, distribution of the light which reaches a sample is adjusted and selection of the optimal temperature conditions is attained from a loose temperature gradient to a steep temperature gradient.

[0023] Drawing 2 of the attached drawing shows the configuration of the filament (12) of the halogen lamp (1) used by this invention. It is tabular, as shown in drawing 2, and temperature conditions more convenient to training of a good-quality single crystal are acquired by making it the filament (12) of the configuration near a square. Moreover, drawing 3 illustrates the structure of the applied part of the halogen lamp (1) of the suspension zone melting equipment illustrated to drawing 1, the fan air-cooling device (13) for a halogen lamp (1) and the fan air-cooling device (14) for a reflecting mirror (2) are formed separately respectively, and cooling of a lamp (1) and a reflecting mirror (2) is fully made to be performed.

[0024] a halogen lamp (1) — a lamp holder (15) — receiving — a socket (16) — minding — a lamp — it is fixing by attaching a mouthpiece (17). And about anchoring to the electrode holder (15) of this lamp (1), as illustrated to drawing 4, the location of a lamp holder (15) makes adjustable the support location of the socket (16) to a lamp holder (15), while it had been fixed. It enables it to control the exothermic change accompanying change of the magnitude of a filament (12), and the magnitude of a quartz bulb (18) by this.

[0025] That is, the quartz bulb (18) of the magnitude suitable for the magnitude of a filament (12) is made to be used as it is. Drawing 5 shows the outline about the structure of shaft support of a raw material rod (4). The slot for support (20) is established in a support shaft (19) at intervals of several mm, and support (21) is inserted and fixed to this.

[0026] Thereby, immobilization becomes perfect and, moreover, becomes fixable in the location of arbitration substantially. Moreover, drawing 6 is the block diagram having shown the configuration of a serial juxtaposition concomitant use method as the approach of the output control of the four above-mentioned halogen lamps (1). And drawing 7 and drawing 8 illustrate the configuration of a perfect parallel system and a perfect series system as things other than this method.

[0027] In the case of the perfect parallel system of drawing 7, the electrical potential difference is controllable 100V or 200V, but a current becomes large too much and control becomes troublesome a little. Moreover, since it is easy to concentrate a current on the lamp which is easy to flow, the nonuniformity of temperature may occur. And supposing the usual lamp is an object for 100V in the perfect series system of drawing 8, the high voltage of 400V is needed and it is not so practical.

[0028] On the other hand, by the serial juxtaposition concomitant use method of drawing 6, the lamp for 100V can be used by 200V, and there is the description of being hard to be influenced of the variation in the resistance of a lamp. In addition, with the equipment of this invention, a filament image can be copied using the

screen (22) produced with the \*\*\*\* glass of the former as shown, for example in drawing 9 etc., it can replace with the approach of setting up the location of a filament by this, and the approach for also making a setup of a depth location easy correctly can be adopted.

[0029] The equipment means for this approach is the three-dimensional structure object, i.e., the structure with the vertical grid plate (24) which intersects perpendicularly, equipped with two or more vertical grids (23) shown in drawing 10 (a), (b), and (c). The filament set to one focal location of an ellipse mirror is projected on other focal locations. Since this projection image appears and is visible to space, if the grid of a three dimension is put on this focal location, the relation between a grid and a projection image will understand it clearly, and it will become easy to adjust [ of a focal location ] it.

[0030] Since it needs to be set to a right location like a three dimension of space, a filament location is recommended as what has such a desirable inspection and the desirable adjustment approach. This enables it to deduce a filament location correctly in three dimension. Then, when the single crystal was raised using the suspension zone melting equipment which actually has four ellipsoid-of-revolution reflecting mirrors shown in drawings including drawing 1 as above-mentioned, training of what has big aperture of a conic coefficient was enabled the most efficient by the thing of 0.4-0.65 with the good single crystal. On the other hand, when a conic coefficient exceeded 0.65, maintenance of melt was difficult, it was good and training of a single crystal with big aperture was difficult. To the case of less than 0.4, training effectiveness fell remarkably, did not become with a practical thing, and was not so good. [ of the quality of a single crystal ]

[0031]

[Effect of the Invention] By this invention, the fusion zone stabilized farther than the approach by conventional equipment can form now easily, it became possible to also raise a single crystal with big aperture easily, and the result that the property of that single crystal was also better than before was obtained as explained in detail above.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is the configuration schematic diagram which illustrated the suspension zone melting equipment of this invention.

**[Drawing 2]** (a) and (b) are the front views and side elevations which illustrated the filament configuration of the halogen lamp used by this invention.

**[Drawing 3]** It is the configuration schematic diagram which illustrated the applied part of a lamp, and arrangement of a cooling system.

**[Drawing 4]** It is the configuration schematic diagram which illustrated the fitting location to the lamp holder of a lamp.

**[Drawing 5]** It is the cross-section schematic diagram which illustrated the structure of anchoring immobilization of a support shaft.

**[Drawing 6]** It is the block diagram which illustrated the serial juxtaposition concomitant use method for the output control of the halogen lamp in an example.

**[Drawing 7]** It is the block diagram which illustrated the perfect parallel system for ramp control.

**[Drawing 8]** It is the block diagram which illustrated the perfect series system for ramp control.

**[Drawing 9]** It is the schematic diagram having shown the setting approach of the conventional filament location using a screen.

**[Drawing 10]** (a), (b), and (c) are the side face which showed the three-dimensional structure for the filament location of this invention, a transverse plane, and a perspective view.

**[Drawing 11]** It is the configuration schematic diagram which illustrated the approach of adjusting distribution of the light of the vertical direction using an electric shielding cylinder.

**[Description of Notations]**

- 1 Halogen Lamp
- 2 Ellipsoid-of-Revolution Reflecting Mirror
- 3 Sample Fusion Zone
- 4 Raw Material Rod
- 5 Training Crystal
- 6 Training Crystal Supporter
- 7 Raw Material Rod Supporter
- 8 Seed Crystal
- 9 Raw Material Rod Support Mechanical Component
- 10 Training Crystal Support Mechanical Component
- 11 Lamp Mechanical Component
- 12 Filament
- 13 14 Fan air-cooling device
- 15 Lamp Holder
- 16 Socket
- 17 Lamp — Mouthpiece
- 18 Quartz Bulb
- 19 Support Shaft
- 20 Slot for Support
- 21 Support
- 22 Screen
- 23 Vertical Grid
- 24 Vertical Grid Plate
- 25 Up Electric Shielding Cylinder
- 26 Up Electric Shielding Cylinder Holder (with Migration Device)
- 27 Transparence Quartz Tube
- 28 Lower Electric Shielding Cylinder
- 29 Lower Electric Shielding Cylinder Holder (with Migration Device)

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-235171

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 3 0 B	13/16		C 3 0 B	13/16
	13/28			13/28
H 0 1 K	1/18		H 0 1 K	1/18
				B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-243736

(22) 出願日 平成8年(1996)9月13日

(31) 優先権主張番号 特願平7-238813

(32) 優先日 平7(1995)9月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平7-340491

(32) 優先日 平7(1995)12月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 595132751

株式会社クリスタルシステム

山梨県北巨摩郡小淵沢町9633番地1

(72) 発明者 追藤 勇

茨城県つくば市倉掛404番地

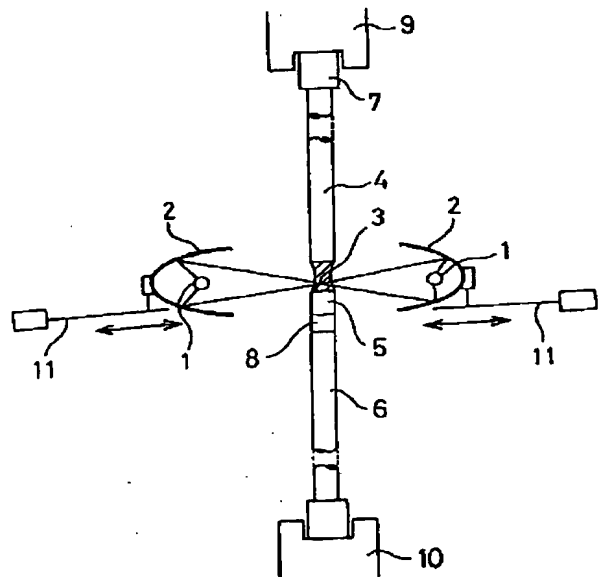
(74) 代理人 弁理士 西澤 利夫

(54) 【発明の名称】 浮遊帯域溶融装置

(57) 【要約】

【課題】 安定した溶融域を容易に形成し、口径の大きい単結晶も容易に育成する。単結晶の特性も良質とする。

【解決手段】 内面を反射面として直交軸上に対向配置した四個の回転楕円面反射鏡(2)の一方の焦点にハロゲンランプ(1)を設け、他方の焦点上で反射面から反射した赤外線を集光させることによって加熱する赤外線集中加熱式の浮遊帯域溶融装置であって、離芯率を0.4~0.65とし、ハロゲンランプ(1)として、フィラメントの形状が板状でかつ正方形に近い形状を有するハロゲンランプを使用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内面を反射面として直交軸上に対向配置した四個の回転楕円面反射鏡の対向する一方の焦点に赤外線ランプを設け、他方の焦点上で反射面から反射した\*

$$(a^2 + b^2)^{1/2} / a$$

(ここで、aは長軸の長さを、bは短軸の長さを示す)

で定義される回転楕円面反射鏡の離芯率が0.4～0.65であることを特徴とする浮遊帯域溶融装置。

【請求項2】 フィラメントの形状が板状のハロゲンランプを赤外線ランプとして使用する請求項1の浮遊帯域溶融装置。

【請求項3】 赤外線ランプおよび反射鏡の冷却のためのファン空冷装置が各々別個に配設されている請求項1または2の浮遊帯域溶融装置。

【請求項4】 ランプホルダーの位置を固定したまま、ランプホルダーへのソケット支持位置が可変とされてランプが装着される請求項1ないし3のいずれかの浮遊帯域溶融装置。

【請求項5】 支持部シャフトに間隔を置いて複数の取り付け支持用溝を設け、この支持用溝に支持具を差し込んで固定する半固定方式の支持構造が備えられている請求項1ないし4のいずれかの浮遊帯域溶融装置。

【請求項6】 ランプフィラメントの位置を設定するためスクリーンとして、縦格子を複数配置した3次元構造が備えられた請求項1ないし5のいずれかの浮遊帯域溶融装置。

【請求項7】 棒状の被加熱試料を覆う形で中心部に配置された透明石英管の外周に沿って、ランプより発光し反射鏡において反射された光を遮断する遮蔽筒を上下に2組設け、この遮蔽筒の位置を上下に移動させて、上下の遮蔽筒のすき間を通過して被加熱試料に到達する光の分布を調節する請求項1の浮遊帯域溶融装置。

【請求項8】 遮蔽筒は反射鏡の外側から支持治具によって保持されていて、その位置を最適位置にセット可能な機構を有する請求項7の浮遊帯域溶融装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、浮遊帯域溶融装置に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、単結晶の育成や相平衡の研究等に有用な浮遊帯域溶融装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】従来より、浮遊帯域溶融装置としては、回転楕円面反射鏡を一個ないし二個使用し、これらの反射鏡によってハロゲンランプもしくはキセノンランプの光を焦点位置に集光させることにより焦点位置で高温を得ることができる赤外線集中加熱式のものが知られており、単結晶の育成や相平衡の研究等に幅広く利用されてきている。

\* 赤外線を集光させることによって加熱する赤外線集中加熱式の浮遊帯域溶融装置であって、次式

【数1】

【0003】これら従来の方式の浮遊帯域溶融装置は、ルツボを使用せずに試料の溶融が行えること、雰囲気ガスを任意に選べること、浮遊帯域溶融法を用いて種々の組成の単結晶育成が行えること、浮遊帯域徐冷法による相平衡研究が行えること、さらに比較的少ない電力で高温度が容易に得られる等の利点がある。これら従来の装置のうち、特に回転楕円面反射鏡を二個配置した方式が最も有用性が高いが、試料の溶融状態は必ずしも理想的ではなく、溶融域の安定保持が難しい試料系においては、良質単結晶の育成が困難である等の問題点があった。

【0004】この発明は、以上通りの事情を鑑みてなされたものであり、従来技術の欠点を解消し、良質単結晶の育成を容易にする新しい浮遊帯域溶融装置を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の課題を解決するものとして、内面を反射面として直交軸上に対向配置した四個の回転楕円面反射鏡の対向する一方の焦点に赤外線ランプを設け、他方の焦点上で反射面から反射した赤外線を集光させることによって加熱する赤外線集中加熱式の浮遊帯域溶融装置であって、回転楕円面反射鏡の離芯率が0.4～0.65であることを特徴とする浮遊帯域溶融装置（請求項1）を提供する。

【0006】さらに、この発明においては、赤外線ランプとしてハロゲンランプを使用する際に、フィラメント形状が板状のハロゲンランプを使用すること（請求項2）や、赤外線ランプおよび反射鏡の冷却のためのファン空冷装置が各々別個に配設されていること（請求項3）、ランプホルダーの位置を固定したまま、ランプホルダーへのソケット支持位置が可変とされてランプが装着されること（請求項4）、支持部シャフトに間隔を置いて複数の取り付け支持用溝を設け、この支持用溝に支持具を差し込んで固定する半固定方式の支持構造が備えられていること（請求項5）、さらには、ランプフィラメントの位置を設定するためのスクリーンとして、縦格子を複数配置した3次元構造が備えられていること（請求項6）、棒状の被加熱試料を覆う形で中心部にセットされた透明石英管の外周に沿って、ランプより発光し反射鏡において反射された光を遮断する遮蔽筒を上下に2組設け、この遮蔽筒の位置を上下に移動させて、上下の遮蔽筒のすき間を通過して被加熱試料に到達する光の分布を調節すること（請求項7）、遮蔽筒は反射鏡の外側

から支持治具によって保持されていて、その位置を最適位置にセット可能な機構を有すること（請求項8）、等をその態様としてもいる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について詳しく説明する。

<1>回転楕円面反射鏡の形状

まず、この発明の背景として明らかなことは、一般的に、浮遊帯域溶融法は、形成された融液を試料自身に保持させる方法であるから、融液の表面張力と比重との相

関関係によって、安定的に保持可能となる融液の量は制限されていることである。

$$(a^2 + b^2)^{1/2} / a$$

（ここで、aは長軸の長さを、bは短軸の長さを示す）

【0011】で定義される回転楕円面反射鏡の離芯率によって大きく変化する。離芯率が大きいほどに高温領域の大きさも大きくなり、温度勾配は緩やかになり、最高到達温度はそれにつられて低くなるため、急峻な温度勾配を実現するためには、離芯率が小さい方が有利である。しかしながら、回転楕円面反射鏡を対向させて、特にこれを四個使用した浮遊帯域溶融装置においては、離芯率を小さくすると、それぞれの反射鏡が相互にぶつかりあうため、反射鏡が重なり合う部分を切断しなければならない。これにより、反射鏡が切断された分だけランプからの光を反射することができないため、光の利用効率が低下し、最高到達温度も下がることから、むやみに離芯率を小さくすることは得策ではない。

【0012】そこで、この発明の発明者らは、回転楕円面反射鏡の離芯率を種々に変え、実際に単結晶育成が安定的に行える条件について検討した。その結果、回転楕円面反射鏡の離芯率が0.4～0.65の範囲内で最も効率が良く、また、実際の単結晶育成に相応しい急峻な温度条件を得ることを見いだした。

<2>ランプフィラメントの形状

一方、ランプのフィラメントの形状も、集光効率と集光状態に大きな影響を及ぼす。また、使用する回転楕円面反射鏡の数によっても最適なフィラメント形状は異なってくる。

【0013】そこで、この発明の発明者らは、直交軸上に対向配置した四個の回転楕円面反射鏡を使用した場合の良質単結晶の育成に適したフィラメント形状について検討した結果、板状のフィラメントが最適であることを見いだした。板状でかつ正方形に近い形状を有するフィラメントを用い、その板面を水平に配置したハロゲンランプを使用すると、最も安定した溶融域が容易に形成できることを確認した。

【0014】この発明においては、以上の通りの知見に基づいて、四個の対向配置した回転楕円面反射鏡を使用する方式の赤外線集中加熱方式の浮遊帯域溶融装置にお

\*【0008】そこで、溶融域を安定させ、かつ、大きな口径の単結晶を育成するためには、垂直方向の急峻な温度勾配が求められることが理解される。緩やかな温度勾配下で口径の大きな単結晶を育成しようとする、中心部が溶けないにも関わらず、表面付近での融液の量が制限を越えてしまい、融液の保持が極めて困難になるからである。

【0009】一般的には、回転楕円面反射鏡でランプの光を集める場合には、フィラメントの形状を一定にすると、焦点位置に形成される高温領域の形状は、次式、

【0010】

【数2】

いて、離芯率が0.4～0.65である回転楕円面反射鏡を用いることによって、シャープな温度分布条件を実現し、良質な単結晶の育成を可能としている。

<3>ランプの冷却方法

また、浮遊帯域溶融装置では、ランプおよび反射鏡の両者を適宜に冷却する必要がある。そこでこの発明では、簡便で、安価であるファンを用いる空冷方式を採用する。ただ、単にファンを設置しても効果的な冷却は困難である。その理由は、ファンは数枚の羽根を回転させて空気の流れを作っているが、回転中心部においては空気の流れが発生しないからである。つまり、反射鏡の大きさのファンを用いた場合には、中心部に設置されているランプは十分に冷却されない。また、逆にランプを冷却するに十分な小型のファンを用いた場合には、反射鏡の冷却は充分でないという問題がある。そのため、この発明では、赤外線ランプおよび反射鏡にそれぞれの大きさに見合った空冷ファン装置を個別に設置する。これにより、両者の十分な冷却が可能となる。

<4>ランプの保持方法

従来より、ハロゲンランプは、装置に適合するように特別なランプを製作する必要があるため、その価格は一本あたり4～6万円という高価なものとなっている。この発明の装置構成では、このような高価なハロゲンランプを一度に4本使用するため、コスト的な問題が生じることになる。また、様々な出力のランプを取り替えて使用する場合、出力の小さなランプと大きなランプでは、石英バルブの大きさが異なるため、赤外線ランプをランプ口金を介してソケットによりランプホルダーに取り付ける際に、ランプを取り替える度に、ランプホルダーの位置を調整しなければならない。

【0015】そこで、従来では、出力の異なるランプに取り替えることで、フィラメントの大きさが変わった場合でも、石英バルブの大きさ、特にホルダーとフィラメントの位置を固定することで、同じランプホルダーをそのまま使用できる構造としている。しかしながら、この

ような従来の方法では、大きなフィラメントを有する出力の大きな赤外線ランプに小さな形状の石英バルブを用いた場合、外気と接触する石英バルブ(18)の表面積が小さくなり、大きなフィラメントから発生する大量の熱が十分に放熱されないため、赤外線ランプ(1)の寿命を極端に縮めることになる。逆に、小さなフィラメントを有する出力の小さな赤外線ランプ(1)に大きな形状の石英バルブを用いた場合には、フィラメントの大きさに対して石英バルブ(18)が大きすぎ、外気と接触する石英バルブの表面積が必要以上に大きくなるため、冷却し過ぎるという問題点があった。

【0016】さらに、赤外線ランプとしてハロゲンランプを用いる場合には、タングステン線をフィラメントとしているため、このタングstenは高温で揮発して、バルブに付着し、次第にバルブ内壁が黒くなり、さらに温度も上がりやすくなり、すぐに寿命が尽きるようになる。そこで、寿命を長くするために、従来より、石英バルブ内にはハロゲンガスを封入し、高温で揮発してくるタングstenとハロゲンを反応させることで、ハロゲン化タングstenを生成させ、このハロゲン化タングstenを高温のフィラメント上でタングstenとハロゲンガスに分解し、タングstenは元のフィラメント上に析出させ、ハロゲンガスは放出されて元に戻すという、いわゆるハロゲンサイクルと呼ばれる反応を利用して寿命の延長を図っている。しかしながら、このハロゲンサイクルを正常に継続させるためには、生成したハロゲン化タングstenが固化しない適当な温度以上(一般的に400℃以上)に保持され、さらに、石英バルブ(18)の耐熱温度以下(一般的に800℃以下)に保持する必要がある。このため、温度が低すぎても、かえって寿命が短くなる。つまり、小さなフィラメントを有する出力の小さなランプに対して、石英バルブが大きすぎると、生成したハロゲン化タングstenが温度の低い部所に析出し、寿命が短くなり、また、出力が不安定になる等の問題が生じることになる。

【0017】そこで、この発明においては、ランプホルダーの位置を移動できる構造とし、フィラメントの大きさに合った大きさの石英バルブをそのまま用いることを可能にしている。すなわち、ランプホルダーの位置は固定したまま、ランプホルダーへのソケット支持位置を変えることで、フィラメントの大きさ、石英バルブの大きさの変化を吸収できる構造とする。これにより、冷却ファンの取り付け位置を固定したまま、様々な出力のランプを取り替えて使用することが可能となる。

#### <5>支持部シャフトの支持方式

そしてまた、浮遊帯域溶融装置においては、育成結晶支持部ならびに原料棒支持部は、試料の出し入れ、石英管の脱着の度に、育成結晶支持駆動部ならびに原料棒支持駆動部によって上下に移動させ、一時的に保持したり、結晶育成中は適当な位置にしっかりと保持しておく必要

がある。使用する試料棒の長さは、まちまちであることが多いため、これらの支持部は、任意の位置でしっかりと保持できることが望ましい。

【0018】育成結晶ならびに原料棒の支持方法としては、従来より、次のような方法が採用されてきた。

#### (a) 固定支持方式

支持部シャフトの保持具を設けて、これに固定する。この方式は、固定は完全であるが、支持部シャフトの保持位置は固定であるので、試料の長さが任意に変わると、これに対応するのは困難となり、長さの相違を補正するための治具が必要となる。

#### (b) コレットチャック方式

この方式は、支持部シャフトの支持具としてコレットチャックを用いることにより、支持部シャフトを任意の場所で保持出来る利点がある。しかしながら、この方式では、試料室を高圧にした場合、支持部の保持がコレットチャックのみでは不完全であり、別の保持治具を必要とするので、高圧下での使用は固定方式の方が優れている。

【0019】そこで、この発明の浮遊帯域溶融装置においては、半固定方式を採用している。この方式は、支持部シャフトに、たとえば数ミリメートル間隔で取り付け支持用溝を設け、この取り付け支持用溝に支持具を差し込んで固定する。この方式では、支持部シャフトの固定は完全であり、また、支持部シャフトは数ミリメートル間隔ではあるが、任意の位置で固定できるので、実際上は、任意位置での固定が可能となった。

#### <6>焦点位置合わせの方法

光学式浮遊帯域溶融装置においては、ランプのフィラメント位置を正確に焦点位置にセットすることが重要である。従来は、磨りガラス等で作製したスクリーンを焦点位置にセットしておき、これにフィラメント像を写して、正確にフィラメント位置をセットする方式が採用されてきた。

【0020】しかしながら、この従来の方法では、スクリーンの面内での位置は正確に出せるが、奥行きは全く判らないので、ランプを前後に動かすことで、適当に中心と思われる位置を割り出す必要があり、その操作は面倒なばかりではなく、正確性に欠ける等の問題点があった。そこで、この発明の浮遊帯域溶融装置においては、3次的にフィラメントの正確な位置を割り出せる方法として、複数の縦格子を設けた3次元構造を採用する。

#### <7>遮蔽筒による光分布調節方法

棒状試料の光吸収特性によって、上下方向の温度勾配が大きく左右され、場合によっては安定な溶融体の形成が困難になることもある。そこでこの発明では、試料溶融体の上下に遮蔽筒を設け、さらにその位置を調節する機構を設けている。上下の遮蔽筒の位置を調節することによって、試料に到達する光の分布が調節できるので、比較的ゆるやかな温度勾配の場合から、急峻な温度勾配ま

10

20

30

40

50

で、試料の溶融体を安定に保持させるのに最適な温度条件を提供することが可能となる。遮蔽筒は、長さ方向に二つ割りにしておくこと、試料の脱着および、透明石英管の脱着の際に、じゃまにならずスムーズに作業が行える。遮蔽筒の材料は、光を遮断できる材料であれば何でも使用可能であるが、比較的高温まで使用可能で、安価な材料としては、アルミナ質のセラミック管が望ましい。

#### 【0021】

【実施例】添付した図面の図1は、この発明の浮遊帯域溶融装置を例示したものである。図1に示したように、この発明の浮遊帯域溶融装置では、4個の赤外線ランプとしてのハロゲンランプ(1)と、これに対応する回転槽面反射鏡(2)が備えられるとともに、試料溶融部(3)、原料棒(4)、育成結晶(5)、育成結晶支持部(6)、原料棒支持部(7)、種子結晶(8)、原料棒支持駆動部(9)、育成結晶支持駆動部(10)、赤外線ランプ駆動部(11)が配置される。

【0022】この装置を用いた単結晶の育成の方法について説明すると、まずはじめに、原料棒支持部(7)に原料棒(4)を、また育成結晶支持部(6)に種子結晶(8)をセットする。ハロゲンランプ(1)をそれぞれ点灯し、徐々にハロゲンランプ(1)への印加電圧を上昇させることによって、原料棒(4)ならびに種子結晶(8)の両方の先端部を溶融させる。両方の先端部が溶融した段階で、両者を接近させ、溶融部を合体させる。このとき、原料棒(4)ならびに種子結晶(8)の両方に回転を与え、さらにハロゲンランプ(1)への供給電力を制御することによって、溶融部の大きさを調整し、安定な溶融域を形成させる。このように形成された溶融域の形状に異常が発生しないように注意しながら、ハロゲンランプ駆動部(11)によってハロゲンランプ

(1)の位置を動かすか、もしくは、原料棒支持駆動部(9)および育成結晶支持駆動部(10)によって原料棒(4)および種子結晶(8)を所定の速度でゆっくりと移動させることで、原料の溶融と結晶の育成が継続され、単結晶の育成が行われる。このとき形成される溶融域を安定に保持できるか否かが、良質単結晶の育成には重要な要因である。さらに、原料棒(4)ならびに種子結晶(8)の光吸収特性による、上下方向の温度分布の変化を調節する手段として、図11のような上下に遮蔽筒を設けた浮遊帯域溶融装置を例示する。図11においては、図1の基本的な装置の中心部に、上部遮蔽筒(25)、下部遮蔽筒(28)が配置されている。上部遮蔽筒保持具(26)および下部遮蔽筒保持具(29)は移動機構を伴っていて、棒状被加熱試料を覆う透明石英管(27)の外周部を上下に移動する。上下の遮蔽筒の位置を調節することで、試料に到達する光の分布を調節し、ゆるやかな温度勾配から、急峻な温度勾配まで最適な温度条件の選択が可能となる。

【0023】添付した図面の図2は、この発明で使用するハロゲンランプ(1)のフィラメント(12)の形状を示したものである。図2に示したような板状でかつ正方形に近い形状のフィラメント(12)にすることにより、より良質単結晶の育成に好都合な温度条件が得られる。また、図3は、図1に例示した浮遊帯域溶融装置のハロゲンランプ(1)の装着部の構造を例示したものであって、ハロゲンランプ(1)のためのファン空冷装置(13)と、反射鏡(2)のためのファン空冷装置(14)とを各々別個に設け、ランプ(1)と反射鏡(2)の冷却が充分に行われるようにしている。

【0024】ハロゲンランプ(1)は、ランプホルダー(15)に対して、ソケット(16)を介してランプ口金(17)を取付けることで固定している。そして、このランプ(1)のホルダー(15)への取付けについては、図4に例示したように、ランプホルダー(15)の位置は固定したまま、ランプホルダー(15)へのソケット(16)の支持位置を可変としている。このことによって、フィラメント(12)の大きさと、石英バルブ(18)の大きさの変化にともなう発熱変化をコントロールできるようにしている。

【0025】つまり、フィラメント(12)の大きさに合った大きさの石英バルブ(18)がそのまま用いられるようにしているのである。図5は、原料棒(4)のシャフト支持の構造についてその概要を示したものである。支持シャフト(19)に数ミリメートル間隔で支持用溝(20)を設け、これに支持具(21)が差し込まれて固定されるようになっている。

【0026】これにより、固定は完全となり、しかも実質的に任意の位置での固定が可能となる。また、図6は、上記の4個のハロゲンランプ(1)の出力制御の方法として、直列並列併用方式の構成を示したブロック図である。そして、図7および図8は、この方式以外のものとして、完全並列方式と完全直列方式の構成を例示したものである。

【0027】図7の完全並列方式の場合には、電圧は100Vもしくは200Vで制御可能であるが、電流が大きくなりすぎて制御が若干面倒になる。また、電流は流れやすいランプに集中しやすいため、温度のムラが発生することがある。そして、図8の完全直列方式では、通常のランプが100V用であるとする、400Vの高電圧を必要とし、あまり実際的ではない。

【0028】これに対して、図6の直列並列併用方式では、100V用のランプを200Vで使用でき、また、ランプの抵抗値のバラツキの影響も受けにくいという特徴がある。なお、この発明の装置では、たとえば図9に示したような、従来の、磨りガラス等で作製したスクリーン(22)を用いてフィラメント像を写し、これによってフィラメントの位置を設定する方法に代えて、奥行き位置の設定をも正確に、かつ容易とするための方法を

採用することができる。

【0029】この方法のための装置手段が、図10

(a) (b) (c) に示した、縦格子(23)を複数備えた3次元構造体、すなわち、直交する縦格子板(24)を持つ構造体である。楕円鏡の一方の焦点位置にセットされた、フィラメントは、他の焦点位置に投影される。この投影像は、空間に浮かんで見えることから、この焦点位置に、3次元の格子を置くと、格子と投影像の関係がハッキリと分かり、焦点位置の調整が容易となる。

【0030】フィラメント位置は、空間の3次元的に正しい位置にセットされる必要があることから、このような検査、調整方法が望ましいものとして、推奨される。これによって、3次元的に正確にフィラメント位置を割り出すことが可能となる。そこで実際に、上記の通りの図1をはじめとする図面に示された4個の回転楕円面反射鏡を持つ浮遊帯域溶融装置を用いて単結晶を育成すると、離芯率が0.4~0.65のものが最も効率的に、良質な単結晶で、口径の大きなものの育成が可能とされた。一方、離芯率が0.65を超える場合には融液の保持が難しく、良質で口径の大きな単結晶の育成は困難であった。0.4未満の場合には、育成効率は著しく低下し、実用的なものとはならず、単結晶の品質もあまり良好ではなかった。

【0031】

【発明の効果】この発明により、以上詳しく説明したとおり、従来の装置による方法よりもはるかに安定した溶融域が容易に形成できるようになり、口径の大きな単結晶も容易に育成することが可能となり、その単結晶の特性も従来よりも良質であるとの結果を得た。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の浮遊帯域溶融装置を例示した構成概要図である。

【図2】(a) (b) は、この発明で使用するハロゲンランプのフィラメント形状を例示した正面図と側面図である。

【図3】ランプの装着部と冷却装置の配置を例示した構成概要図である。

【図4】ランプのランプホルダーへの取付け位置を例示した構成概要図である。

【図5】支持シャフトの取付け固定の構造を例示した断面概要図である。

【図6】実施例におけるハロゲンランプの出力制御のための直列並列併用方式を例示したブロック図である。

【図7】ランプ制御のための完全並列方式を例示したブロック図である。

【図8】ランプ制御のための完全直列方式を例示したブロック図である。

【図9】スクリーンを用いての、従来のフィラメント位置の設定方法について示した概要図である。

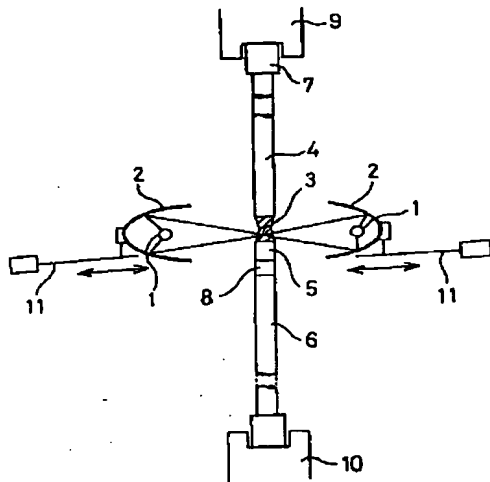
【図10】(a) (b) (c) は、この発明のフィラメント位置設定のための3次元構造を示した側面、正面、そして斜視図である。

【図11】遮蔽筒を用いての、上下方向の光の分布を調節する方法を例示した構成概要図である。

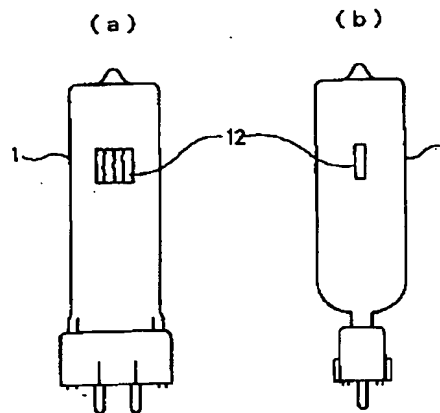
【符号の説明】

- 1 ハロゲンランプ
- 2 回転楕円面反射鏡
- 3 試料溶融部
- 4 原料棒
- 5 育成結晶
- 6 育成結晶支持部
- 7 原料棒支持部
- 8 種子結晶
- 9 原料棒支持駆動部
- 10 育成結晶支持駆動部
- 11 ランプ駆動部
- 12 フィラメント
- 13、14 ファン空冷装置
- 15 ランプホルダー
- 16 ソケット
- 17 ランプ口金
- 18 石英バルブ
- 19 支持シャフト
- 20 支持用溝
- 21 支持具
- 22 スクリーン
- 23 縦格子
- 24 縦格子板
- 25 上部遮蔽筒
- 26 上部遮蔽筒保持具(移動機構付)
- 27 透明石英管
- 28 下部遮蔽筒
- 29 下部遮蔽筒保持具(移動機構付)

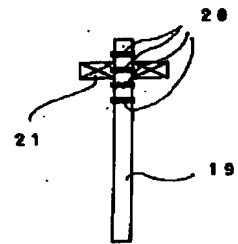
【図1】



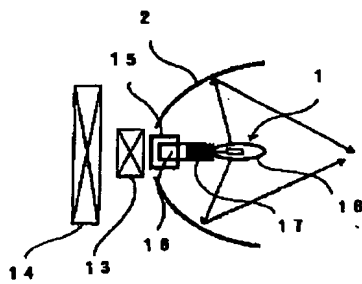
【図2】



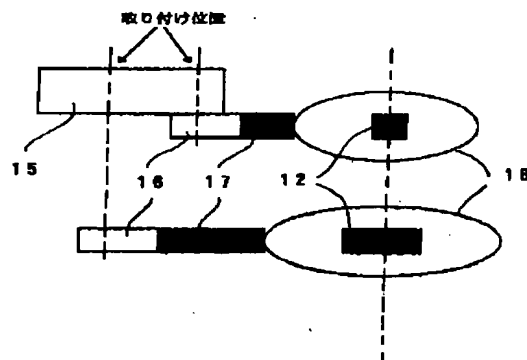
【図5】



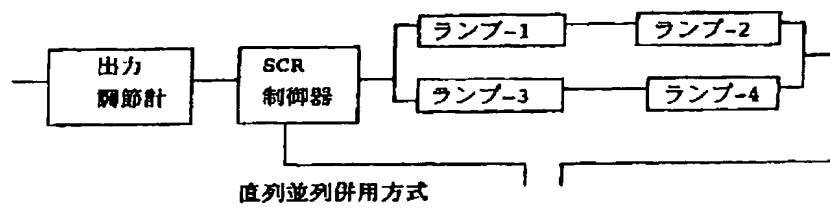
【図3】



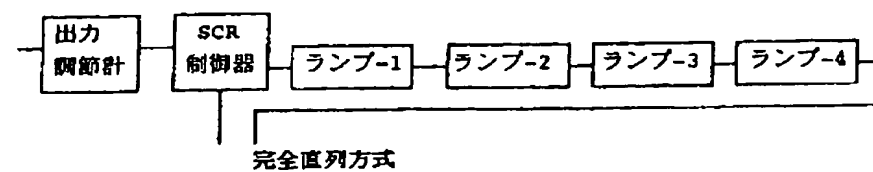
【図4】



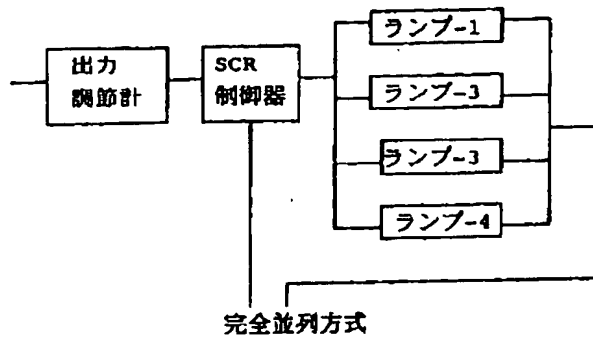
【図6】



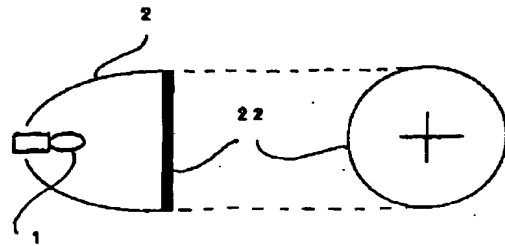
【図8】



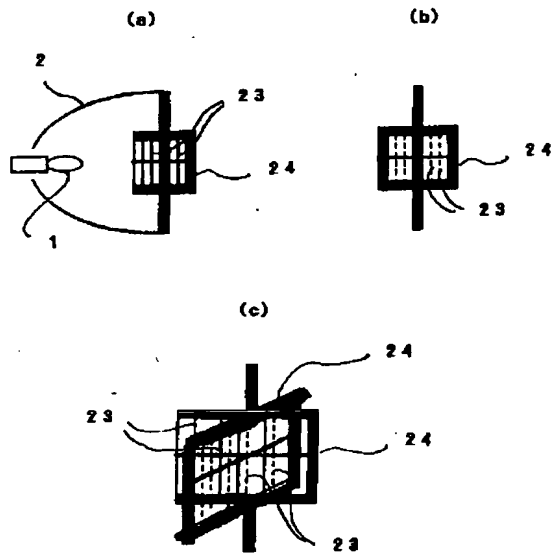
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

